

FACULTE DE MEDECINE DE PARIS

ANNÉE 1932

THÈSE

N° 276

POUR LE

DOCTORAT EN MEDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PAR

HO VAN KÉ

Né à My duc Dong (Cochinchine), le 4 janvier 1906

LA POLLUTION DE L'ATMOSPHÈRE
DES GRANDES VILLES
en RAPPORT avec leur DÉVELOPPEMENT

Président de Thèse : M. L. TANON

PARIS
LIBRAIRIE M. LAC

ÉDITEUR

26, Rue Monsieur-le-Prince. 26, PARIS (VI^e Arr.)

1932

ANNÉE 1932

N°

THÈSE

POUR LE

DOCTORAT EN MEDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PAR

HO VAN KÉ

Né à My duc Dong (Cochinchine), le 4 janvier 1906

LA POLLUTION DE L'ATMOSPHÈRE DES GRANDES VILLES en RAPPORT avec leur DÉVELOPPEMENT

Président de Thèse : M. L. TANON

PARIS
LIBRAIRIE M. LAC

ÉDITEUR

26, Rue Monsieur-le-Prince. 26, PARIS (VI^e Arr.)

1932

I. — PROFESSEURS

Le Doyen..... M. BALTHAZARD

MM.

Anatomie	ROUVIERE.
Anatomie médico-chirurgicale et chirurgie expérimentale	GRÉGOIRE.
Physiologie	BINET.
Physique médicale.....	STROHL.
Chimie médicale.....	DESGREZ.
Bactériologie	LEMIERRE.
Parasitologie et histoire naturelle médicale	BRUMPT.
Pathologie et thérapeutique générales....	BAUDOUIN.
Pathologie médicale.....	CLERC.
Pathologie chirurgicale.....	LENORMANT.
Anatomie pathologique.....	ROUSSY.
Histologie	CHAMPY.
Pharmacologie et matière médicale.....	TIFFENEAU.
Thérapeutique	LÉPER.
Hygiène et Médecine préventive.....	TANON.
Médecine légale.....	BALTHAZARD.
Histoire de la médecine et de la chirurgie.	LAIGNEL-LAVASTINE.
Pathologie expérimentale et comparée....	FIESSINGER.
Hydrologie thérapeutique et climatologie..	MAURICE VILLARET.
	CARNOT.
Clinique médicale.....	BEZANÇON.
	ACHARD.
	MARCEL LABBÉ.
Hygiène et clinique de la première enfance	LEREBOULLET.
Clinique des maladies des enfants.....	NOBÉCOURT.
Clinique des maladies mentales et des maladies de l'encéphale.....	
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	H. CLAUDE.
Clinique des maladies du système nerveux	GOUGEROT.
Clinique des maladies infectieuses.....	GUILLAIN.
	TEISSIER.
Clinique chirurgicale.....	DELBET.
	CUNÉO.
	LEJARS.
Clinique ophtalmologique.....	GOSSET.
Clinique urologique.....	TERRIEN.
	LEGUEU.
Clinique d'accouchements.....	COUVELAIRE.
	BRINDEAU.
Clinique gynécologique.....	JEANNIN.
Clinique chirurgicale infantile et orthopédique	J.-L. FAURE.
Clinique thérapeutique médicale.....	OMBRÉDANNE.
Clinique oto-rhino-laryngologique.....	RATHERY.
Clinique thérapeutique chirurgicale.....	LEMAITRE.
Clinique propédeutique.....	PIERRE DUVAL.
Clinique de la Tuberculose.....	SERGENT.
Professeur sans chaire.....	LÉON BERNARD.
	MAUCLAIRE.



II. — AGRÉGÉS EN EXERCICE

MM.

Neurologie et Psychiatrie.....	ALAJOUAN
Pathologie médicale.....	AUBERTIN.
Pathologie médicale.....	BÉNARD HENRI.
Pathologie chirurgicale.....	BROCO.
Pathologie médicale.....	BRULÉ.
Pathologie chirurgicale.....	CADENAT.
Pathologie médicale.....	CATHALA.
Pathologie médicale.....	CHABROL.
Physiologie.....	CHAILLEY-BERT.
Pathologie médicale.....	CHEVALIER.
Physique.....	DOGNON.
Pathologie médicale.....	DONZELOT.
Obstétrique.....	ECALLE.
Urologie.....	FEY.
Bactériologie.....	GASTINEL.
Pathologie chirurgicale.....	GATELLIER.
Pathologie chirurgicale.....	DE GAUDART D'ALLAINES.
Histologie.....	GIROUD.
Pathologie médicale.....	HARVIER.
Pharmacologie.....	HAZARD.
Anatomie.....	HOVELACQUE.
Anatomie pathologique.....	HUGUENIN.
Pathologie médicale.....	HUTINEL.
Hygiène.....	JOANNON.
Chimie biologique.....	LABBÉ HENRI.
Pathologie médicale.....	LAROCHE GUY.
Pathologie chirurgicale.....	LEVEUF.
Neuro-psychiatrie.....	LÉVY-VALENSI.
Pathologie médicale.....	LIAN.
Histologie.....	MILLOT.
Pathologie chirurgicale.....	MONDOR.
Pathologie médicale.....	MOREAU.
Pathologie chirurgicale.....	MOULONGUET.
Pathologie chirurgicale.....	MOURE.
Histologie.....	MULON.
Anatomie pathologique.....	OSBERLING.
Anatomie.....	OLIVIER.
Médecine légale.....	PIEDELIEVRE.
Obstétrique.....	PORTES.
Pathologie chirurgicale.....	QUÉNU.
Physiologie.....	RICHET Fils.
Chimie biologique.....	SANNIE.
Dermatologie et syphiligraphie.....	SEZARY.
Pathologie médicale.....	VALLÉRY-RADOT.
	(Pasteur).
Obstétrique.....	VAUDESCAL.
Ophthalmologie.....	VELTER.
Histologie.....	VERNE.
Obstétrique.....	VIGNES.

III. — AGRÉGÉS RAPPELÉS A L'EXERCICE

POUR LE SERVICE DES EXAMENS

MM.

Obstétrique	GUENIOT.
Anatomie pathologique.....	LEQUEUX.
Parasitologie	LEROUX.
Histologie	NEVEU-LEMAIRE.
Physique	REITTERER.
	ZIMMERN.

IV. — AGRÉGÉS CHARGÉS DE COURS DE CLINIQUE

(ANNEXE)

A TITRE PERMANENT

MM.

Clinique médicale.....	ABRAMI.
Clinique médicale.....	CHIRAY.
Clinique médicale.....	DEBRE.
Clinique médicale.....	DUVOIR.
Clinique chirurgicale.....	HEITZ-BOYER.
Clinique chirurgicale.....	BASSET.
Clinique chirurgicale.....	CHEVASSU.
Clinique chirurgicale.....	MATHIEU.
Clinique chirurgicale.....	MOCQUOT.
Clinique chirurgicale.....	PROUST.
Clinique chirurgicale.....	SCHWARTZ.
Clinique chirurgicale.....	LE LORIER.
Clinique obstétricale.....	LEVY-SOLAL.
Clinique obstétricale.....	METZGER.

V. — CHARGÉS DE COURS

MM.

Chargé du cours de chirurgie orthopédique chez l'adulte pour les accidentés du travail, les mutilés de guerre et les infirmes adultes.....	MAUCLAIRE, profes- seur sans chaire.
Stomatologie	FREY.
Education physique.....	CHAILLEY-BERT.
Radiologie clinique.....	LEDoux-LEBARD.
Puériculture	WEIL-HALLÉ.

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A MON PERE, A MA MERE

Je suis heureux d'offrir ce faible témoignage de mon affection et de ma reconnaissance.

A MES FRERES ET SŒURS

A MES PARENTS

A MES AMIS

A mon Président de thèse M. le Professeur TANON

PROFESSEUR D'HYGIÈNE A LA FACULTÉ DE MÉDECINE
DE PARIS

CONSEILLER TECHNIQUE DU MINISTRE DE LA SANTÉ PUBLIQUE
INSPECTEUR GÉNÉRAL DES SERVICES TECHNIQUES D'HYGIÈNE
A LA PRÉFECTURE DE POLICE
CHEVALIER DE LA LÉGION D'HONNEUR

*Nous le prions d'agréer nos plus
vifs remerciements pour l'hon-
neur qu'il nous fait en accep-
tant la présidence de cette
thèse.*

A Monsieur le Professeur F. BORDAS

PROFESSEUR AU COLLÈGE DE FRANCE
PROFESSEUR A L'INSTITUT D'HYDROLOGIE
ET DE CLIMATOLOGIE

MEMBRE DU CONSEIL SUPÉRIEUR D'HYGIÈNE DE FRANCE

*A qui nous devons les éléments
de ce travail. Qu'il veuille bien
trouver ici l'expression de no-
tre très vive gratitude.*

A mes maîtres de la Faculté de Médecine
de Montpellier

A mes maîtres de la Faculté de Médecine
et des Hôpitaux de Paris

Hommage respectueux.

INTRODUCTION

L'exode de la population vers les grandes villes est un fait général pour toutes les nations.

Il est évident que, par suite de l'intensité des moyens de transport et de la centralisation à outrance, il y a de plus en plus afflux de population vers les grands centres au détriment des campagnes. D'autre part, la guerre, ayant eu pour effet d'intensifier la production industrielle, d'accroître les salaires industriels plus que les salaires agricoles, il est probable que les mouvements migrateurs des campagnes vers les villes ne se ralentiront pas.

Le problème de l'hygiène de ces grands centres est fort complexe. Il ne suffit pas d'apporter à une ville l'eau pure dont elle a besoin, d'évacuer ses eaux souillées, d'éviter la pollution de son sol, mais encore il faut veiller à la pureté de son atmosphère.

Les campagnes, largement ouvertes à tous les vents, jouissent d'un air pur et constamment renouvelé. Il n'en est pas de même dans les villes : les fumées et les gaz des foyers des maisons et des usines, les poussières industrielles ou provenant de la circulation, ordinairement intense, les odeurs multiples, sont des

causes constantes de viciation de l'atmosphère des villes, qui, par suite des conditions du milieu urbain, se renouvelle plus difficilement.

La pollution de l'atmosphère par les fumées, les poussières et les gaz est devenue un des problèmes les plus complexes que l'hygiéniste moderne ait à résoudre.

POLLUTION DE L'ATMOSPHERE

PAR LES FUMÉES, LES POUSSIÈRES ET LES GAZ

L'évolution intensive du machinisme et de l'industrialisme moderne nous amène à consommer, de manière inconsidérée et folle, des combustibles dont nous laissons se disperser sans profit dans l'atmosphère presque toute l'énergie, et qui, de plus, par les produits de leur combustion, souillent l'atmosphère des grands centres de l'activité humaine.

La fumée dégagée par les cheminées d'usine et par les foyers domestiques est un danger pour la santé publique, non seulement à cause du déversement de particules impalpables de charbon dans l'atmosphère mais aussi à cause de la présence simultanée d'hydrocarbures liquides incorporés à la suie et aux goudrons à réactions plus ou moins acides. Le chauffage par le charbon pulvérisé qui tend à se généraliser déverse dans l'atmosphère des tonnes de poussières minérales par jour.

Il existe encore bien d'autres sources de souillures atmosphériques tout aussi fâcheuses pour la santé publique et qui sont produites par certaines usines

électro-métallurgiques établies dans les hautes vallées. Mais ici intervient une autre nuisance qui peut, dans certaines conditions spéciales, polluer l'air et présenter de graves dangers pour les habitants vivant dans le voisinage plus ou moins immédiat de l'usine. Nous voulons parler du dégagement de gaz toxiques, oxyde de carbone, anhydride sulfureux, composés oxygénés de l'azote, chlore et produits chlorés, fluor et ses composés, etc..., toutes émanations qui constituent des conditions, non seulement d'incommodité, mais encore d'insalubrité, et cela, à la fois pour les ouvriers et le voisinage même. A cela nous pourrions ajouter les dégagements d'hydrocarbures des moteurs à explosion, et que le développement de l'automobile augmente de jour en jour. Nous n'envisagerons toutefois pas cette cause de pollution, voulant nous limiter surtout aux poussières et aux fumées qui sortent des foyers en même temps que les gaz de combustion.

GENERALITES SUR LES FUMÉES

LES POUSSIÈRES ET LES GAZ

La question des fumées et des poussières dans les grandes agglomérations urbaines est devenue, à notre époque, d'une importance capitale pour la santé publique.

On sait que l'accroissement considérable de la consommation de la houille a eu pour résultat une pollution plus grande de l'atmosphère des villes industrielles par ces nuées sombres, persistantes qui sont un danger non seulement pour les populations vivant aux alentours des usines, mais aussi pour toutes celles qui en sont plus ou moins éloignées.

De nombreux facteurs peuvent intervenir à des degrés divers pour aggraver ou pour atténuer la pollution de l'air.

Les phénomènes météorologiques jouent un très grand rôle dans la détermination de ces souillures atmosphériques.

On connaît l'influence fâcheuse des vents du Nord et de l'Est sur certaines émanations dégagées par les

centres industrielles établis dans la banlieue plus ou moins immédiate de Paris.

Les travaux de Miquel, de Cambier, d'Armand Gautier, d'Albert Lévy, de Besson, etc..., ont établi le rôle important joué par les vents, non seulement sur la composition chimique ou la flore bactérienne de l'air de Paris, mais aussi sur la formation des nuées épaisses qui se répandent quelquefois par temps calme sur la capitale.

Mais, en dehors de l'influence saisonnière ou accidentelle qui peut agir ainsi sur l'atmosphère des villes, il importe aussi de tenir compte de la configuration du sol, plaines, vallées, du rôle des fleuves ou des rivières, de leur régime, de leur température, etc...

C'est ainsi que des centres manufacturiers, situés dans des régions normalement balayées par des courants atmosphériques, voient leurs odeurs, leurs fumées et leurs poussières rapidement diluées et entraînées au loin. La nuisance, comme le dit Montaigne, est alors très réduite.

Tout autre est le cas des cités industrielles situées dans une vallée encaissée ou dans des régions protégées par les collines orientées de telle façon que les habitations soient à l'abri des vents susceptibles de dissiper les fumées et les poussières.

On comprend qu'il puisse y avoir ainsi des différences très grandes dans le degré de souillure de l'atmosphère entre des villes d'égale importance ou d'égale activité industrielle.

Il n'y a pas très longtemps que ces problèmes se

sont posés, aussi bien pour les régions consommant de grandes quantités de charbon de terre que pour celles utilisant l'énergie électrique.

L'Angleterre a été la première à se préoccuper sérieusement de la question de la lutte moderne contre les fumées, les poussières et les gaz toxiques (1).

Son climat tempéré par les courants chauds et humides qui l'entourent de toutes parts favorise singulièrement la production des brouillards amorcés par les poussières industrielles et domestiques.

M. le Professeur Bordas a souvent insisté sur ces faits dans ses leçons au Collège de France (2) et a montré comment la situation se trouve aggravée du fait de la consommation des combustibles riches en produits volatils et en soufre. Ils ont été rappelés dans un article de Tanon dans la revue médicale française (1930).

C'est ainsi que naissent les fumées jaunes, épaisses, qui obscurcissent à tel point la lumière du jour que les habitants sont obligés de s'éclairer tout le temps à la lumière artificielle en hiver, et de demeurer, ce qui est plus grave, portes et fenêtres hermétiquement closes, pour éviter la fumée et les poussières de charbon (3).

Aussi, n'est-il pas surprenant que, devant l'insalubrité grandissante de l'atmosphère de ces vastes ré-

(1) Hamilton, Smoke abatement Coles W. R. E. Sanitary Institute of Great Britain.

(2) Docteur Bordas, Collège de France, annuaire 1926.

(3) Ascher, Engineering News 1907. Maddon, *British Medical Journal*, 1890.

gions industrielles du Lancashire, de villes comme Manchester, Leeds, Sheffield, Glasgow et Londres surtout, les pouvoirs publics anglais se soient justement préoccupés de remédier à une situation qui devenait des plus alarmantes. Nous retrouvons les mêmes soucis hygiéniques dans d'autres pays, aux Etats-Unis, à Pittsburg, en Belgique, dans la région de Mons, en Allemagne, dans la Ruhr; en France, dans les départements du Nord, du Pas-de-Calais et enfin à Paris et dans sa banlieue.

Comment remédier à pareille situation? A priori, la chose paraît facile. Il suffit d'interdire le dégagement de fumées.

L'expérience de ces dernières années a montré que le problème était autrement plus compliqué qu'il n'avait paru tout d'abord, et que de nombreux problèmes connexes, auxquels on n'avait pas songé, étaient loin d'être résolus, même théoriquement.

D'après les observations faites en Angleterre par les inspecteurs chargés d'appliquer les règlements et les articles de la loi sur le Smoke abatement, on sait combien il est difficile de déterminer exactement ce que c'est qu'une fumée noire, sa durée à la sortie d'une cheminée d'usine, et combien, cela devient pratiquement irréalisable pour les fumées émises par les cheminées domestiques.

Si l'on veut, en outre, tenir compte de la production des poussières, le problème se complique encore, car on peut avoir soit des fumées riches en poussière; soit des poussières sans fumées appréciables; soit enfin des fumées sans poussières.

Il s'agit tantôt de fumées plus ou moins chargées de gaz nuisibles, provenant de combustions incomplètes, tantôt de gaz infects, provenant de la décomposition des matières organiques, tantôt enfin de vapeurs acides, de buées fumeuses chargées de particules toxiques, de produits volatils empyreumatiques, de gaz délétère.

La composition de la fumée industrielle (de houille surtout) a été bien déterminée; elle contient, comme gaz combustibles, de l'hydrogène, de l'oxyde de carbone, de l'hydrogène proto et bi-carboné; comme autres gaz ou vapeurs, de l'acide carbonique, de l'azote, de l'ammoniaque, de l'anhydride sulfureux, de la vapeur d'eau, des huiles pyrogénées; comme matières solides en suspension, de la suie, du charbon, du goudron, des hydrocarbures, etc...

La fumée noire est une fumée riche en particules solides; la fumée jaune est riche en soufre; une fumée jaunâtre, très foncée, est surtout formée d'hydrocarbures.

Par temps clair, nous voyons les fumées monter en droite ligne dans l'air, elles vont se dissiper dans une zone élevée. Par temps brumeux, nuageux, au contraire, elles vont s'accumuler en nuées persistantes.

Ce fait frappe les voyageurs qui, par une belle matinée d'hiver, pénètrent dans la capitale par les lignes du Nord et de l'Est, et sont fort étonnés, après avoir traversé la campagne ensoleillée, d'entrer dans la capitale sous un dôme de brumes et de fumées qui obscurcissent l'atmosphère et créent certains jours

un brouillard presque comparable au « fog » londonien. C'est au coucher du soleil que ces nuages sont les plus apparents, mais ils existent en tout temps avec un développement et une opacité d'ailleurs variables.

L'atmosphère, comme on le sait, renferme un grand nombre de poussières.

Sous l'influence des courants aériens, ces poussières sont non seulement transportées à de très grandes hauteurs, mais peuvent être entraînées à de très grandes distances et demeurer ainsi plus ou moins longtemps en suspension dans l'atmosphère.

On conçoit que, suivant leur nature, leurs dimensions, leur plus ou moins grande affinité pour l'eau, ces particules se déposent plus ou moins rapidement sur le sol.

Très fines, de l'ordre du μ , elles peuvent demeurer des années dans l'atmosphère.

Moins fines, elles tendent à tomber sur le sol vers le coucher du soleil, au moment du refroidissement nocturne, principalement dans les zones élevées de l'atmosphère. Par contre, au lever du soleil, le phénomène inverse se produisant, les courants d'air chaud leur font accomplir une ascension nouvelle.

D'où vient que ces particules solides, évidemment plus denses que l'air dans lequel elles flottent, ne sont pas rapidement ramenées vers le sol?

Si ces particules très fines sont plus plates ou larges que hautes, la résistance de l'air ralentira leur vitesse de chute.

Si elles affectent la forme globulaire, elles tomberont plus rapidement; mais alors, interviendra un autre facteur : la nature de leur surface.

Si la surface est lisse, sans la moindre aspérité, comme c'est le cas pour les poussières siliceuses, fragments de roches cristallines, cette surface lisse ne maintiendra pas avec autant de force la couche d'air en contact avec la poussière, et cette dernière glissera, coulera en quelque sorte dans l'atmosphère.

Dans le cas de particules à surface rugueuse ou poreuse, cette surface accidentée maintiendra par adhérence capillaire la couche d'air directement en contact avec la particule. Cette couche d'air fera, en quelque sorte, partie intégrante de sa masse. Il y aura ainsi augmentation de surface, et, par conséquent, réduction de la vitesse de chute.

Si l'air est humide, saturé ou sursaturé, toutes ces particules fixeront énergiquement l'humidité sur leurs parois. Elles augmenteront de volume et diminueront de densité.

Suivant leur grosseur, et aussi suivant leurs charges électriques, ces petites masses humides, entourant un noyau solide, resteront séparées les unes des autres et circuleront dans l'atmosphère sous forme de brumes et de brouillards (Coulier, Aitken). On sait que Trillat a appliqué cette vue à la contagion des maladies infectieuses dont les agents trouveraient dans ces gouttelettes humides un milieu propre à leur conservation pendant quelque temps.

Si les particules sont de l'ordre de 1/100 de milli-

mètre, par exemple, elles fixeront l'humidité, et leur masse étant plus grande, elles tendront à s'agglutiner, à flocculer, ce qui facilitera très rapidement leur chute, malgré la résistance de l'air.

Terrel a constaté que des poussières très fines, de l'ordre de 1/1000 de millimètre, tombent dans une atmosphère de moyenne humidité d'environ 1 mètre par minute sous l'influence de la pesanteur; de sorte qu'une chute ininterrompue de certaines particules, projetées dans l'air à 20 kilomètres de hauteur à la suite d'une éruption volcanique, les ramènerait à la surface du sol au bout de trois ou quatre années.

Nous avons vu, plus haut, que les fumées industrielles, de houille surtout, contiennent des gaz nuisibles, oxyde de carbone, acide carbonique, ammoniacque, anhydride sulfureux, etc...

Le développement intense de l'automobilisme contribue également à la pollution de l'atmosphère des grandes villes par les gaz, dus à la combustion plus ou moins complète de l'essence, et les produits de décomposition des huiles de graissage. La fumée d'une cheminée est visible, les gaz d'échappement des automobiles ne le sont pas toujours; leur principe, l'oxyde de carbone, peut fort bien passer inaperçu. Par contre, les odeurs que ces gaz dégagent, dues surtout à des produits de décomposition d'hydrocarbures plus ou moins oxydés, sont généralement beaucoup plus désagréables que celles de simples fumées.

Cependant, les résultats des analyses d'air prélevé

périodiquement, en différents points de la capitale, par le Laboratoire d'hygiène, depuis plus d'un demi-siècle, paraissent plutôt rassurants en général. Il n'y aurait guère d'augmentation pour l'acide carbonique qui resterait toujours compris entre 30 et 65 centimillièmes. Quant à l'oxyde de carbone atmosphérique dont Armand Gautier, en 1876, trouvait à Paris un maximum d'environ un centmillième, il n'apparaîtrait, même actuellement, que par moments dans les espaces peu ventilés, et encore en proportions ne dépassant guère 5 ou 6 centimillièmes (1).

Nous sommes loin, on le voit, des teneurs en oxyde de carbone que l'on a données à New-York où l'on a trouvé jusqu'à 1/2.500 d'oxyde de carbone dans certaines parties de la ville.

Mais il est bien difficile de déterminer ce qu'est la composition moyenne de l'air d'une grande ville, en raison surtout de la fréquence et de la variation incessante des mouvements ou des courants atmosphériques urbains. Les prélèvements, aussi multipliés qu'ils soient, ne suffisent pas toujours pour donner une idée générale du degré de pollution de l'air.

M. Kohn-Abrest a cherché à compléter les données du problème par des sondages simultanés de l'atmosphère en un seul et même point, convenablement choisi, de manière à délimiter en quelque sorte la « voûte » des fumées.

La Tour Eiffel convenait particulièrement bien, par

(1) R. Cambier, *Annales des Services techniques d'Hygiène de la ville de Paris*, tome VIII, 1927, page 37.

son emplacement, sa hauteur, et la possibilité d'y effectuer simultanément des prélèvements d'air à différents niveaux d'un même plan vertical.

Ces expériences semblent démontrer que l'air de Paris, dans les jardins du Champ-de-Mars, peut être qualifié de très pur et que, contrairement à ce que l'on pourrait croire, cet air ne semble pas plus chargé de fumées au voisinage du sol que dans les parties élevées (1).

On peut tirer de ces premières expériences, pour l'hygiène des cités, la conclusion qu'il convient de multiplier les espaces libres et les squares, et d'éviter la construction des gratte-ciel au sommet desquels, d'ailleurs, l'air n'aurait pas plus de garantie de pureté qu'au voisinage du sol.

Autrement plus grave est le problème de la protection de l'entourage contre les émanations nuisibles des usines. Principalement limitée au début à la lutte contre les fumées et les gaz produits par les substances combustibles destinées à fournir la chaleur aux hauts-fourneaux et la force motrice aux fabriques, la question a subi aujourd'hui une importante transformation et a pris une extension beaucoup plus grande par le fait de l'apparition des industries électro-chimiques.

Le nombre de gaz toxiques dégagés par les industries modernes est actuellement très grand et a tendance à augmenter de jour en jour, ce qui en compli-

(1) Kohn Abrest et Loiret, *Annales d'hygiène publique, industrielle et sociale*, juillet 1930, page 399.

que considérablement l'étude. Parmi les gaz inorganiques, ce sont SO^2 et SO^3 , les dérivés nitreux, le chlore, l'acide chlorhydrique et les composés du fluor, qui ont préoccupé et préoccupent le plus les hygiénistes, et cela grâce à leur fréquence et grâce au fait qu'ils sont dégagés souvent en grande quantité.

*Mécanisme de la production des fumées
et des poussières*

L'exposé que nous venons de faire démontre la nécessité d'étudier le mécanisme intime de la production des fumées et des poussières, issues de la combustion du charbon de terre, si nous voulons apprécier à leur juste valeur les méthodes préconisées pour combattre leur production et faire cesser l'insalubrité de l'air que nous respirons.

Nous allons rappeler en quelques mots les règles qui régissent la combustion industrielle du charbon de terre, et nous verrons comment les choses se passent en réalité, dans la pratique.

Les fabricants de chaudières à vapeur sont à même de fournir tous les renseignements précis relatifs à la consommation du charbon pour atteindre une pression déterminée dans un temps donné (nous laissons de côté toutes les autres conditions du problème).

On sait qu'en appliquant une formule spéciale, dans laquelle on fait intervenir la quantité de carbone

contenue dans un kilogramme de combustible, la quantité d'oxygène, de soufre, on peut calculer le poids d'air nécessaire pour amener la combustion complète de ce kilogramme de combustible.

On a ainsi établi théoriquement qu'un kilogramme de charbon nécessite l'emploi de 12 kilogs d'air pour être complètement brûlé.

Mais, dans la pratique, il y a très peu de chaudières qui en demandent moins de 15 et la moyenne est de 25 kilogr. par kilogramme de combustible.

Cependant, il y a lieu de remarquer que, si l'on en emploie un poids beaucoup plus considérable, on obtient, au point de vue économique, un résultat aussi mauvais que si ce poids était insuffisant pour obtenir la combustion complète.

La surveillance de la marche du foyer a donc une très grande importance et intéresse tout particulièrement les industriels.

Si le chauffeur lance mal à propos des pelletées de charbon sur un foyer incandescent, il étouffe momentanément le feu, provoquera un abaissement de température, favorisera la distillation du charbon et produira des fumées plus ou moins épaisses.

En effet, du charbon ainsi projeté distilleront très rapidement des goudrons et des hydrocarbures, et tous ces gaz, ne pouvant s'enflammer, seront entraînés par la cheminée, sans être brûlés.

Il y aura mauvaise utilisation du combustible et production de fumées épaisses; et si, au lieu d'un

charbon ordinaire, on utilise un charbon gras, ces inconvénients n'en seront que plus grands. On a pu établir que, dans ce cas, le $\frac{1}{3}$ de chaque pelletée de combustible passe dans la cheminée sans être brûlé.

La fumée qui s'ensuit n'est pas noire, elle prend une teinte jaunâtre foncée due aux produits de distillation de la houille, hydrocarbures, goudrons, phénols, soufre, etc... Ces fumées jaune-noir sont, en général, moins riches en particules solides que les fumées noires.

Il existe trois procédés de chauffage des chaudières à vapeur :

Le procédé inventé et appelé par James Watt « coking », c'est-à-dire cokeification;

Le procédé d'épandage et de saupoudrage du charbon sur toute la surface enflammée;

Et le procédé de feu sur les côtés, à droite et à gauche, ou sur les deux, à la fois.

Dans le procédé de James Watt, le charbon est entassé à la porte même du foyer. La chaleur déterminera sa distillation, et, par suite, les gaz et tous les hydrocarbures, traversant toute la longueur de la grille incandescente, brûlent complètement sans atteindre la cheminée.

Lorsque le charbon a été transformé en coke, on le repousse au ringard dans la partie profonde du foyer, et on refait un tas de charbon neuf à l'entrée.

Cette méthode donne les meilleures résultats à tous les points de vue.

Le deuxième procédé consiste à répandre le char-

bon à la pelle sur toute la surface de la grille. Nous avons vu que, de cette façon, tous les produits de la distillation passaient imbrûlés dans l'atmosphère.

Le fait de saupoudrer la surface de la grille avec le charbon, mais seulement par petites pelletées, est peut-être un peu moins mauvais. La difficulté réside pour le chauffeur à bien pratiquer ce saupoudrage lorsque le foyer est profond.

Enfin, le troisième procédé consiste à charger le foyer soit à droite, soit à gauche, ou les deux côtés à la fois, suivant l'importance de la grille, afin de permettre la cokeification du charbon et la combustion des produits volatils sur les parties incandescentes du centre.

Le charbon est ensuite réparti uniformément, et l'on procède à un nouveau chargement.

Comme on le voit, le procédé de Watt est le procédé de choix. Il permet de réaliser des économies de combustible et évite la formation de fumées noires. Notons, en passant, l'heureuse coïncidence qui fait que les intérêts de l'industriel sont ici solidaires de ceux de l'hygiéniste.

Si nous examinons maintenant le problème des foyers domestiques, nous constaterons que la situation est tout autre à tous les points de vue.

La pollution de l'atmosphère par les fumées domestiques est beaucoup plus importante que celle due aux cheminées d'usine.

Des enquêtes, poursuivies par les services de la Smoke abatement dans les grandes villes industriel-

les anglaises, ont démontré que la quantité de fumées, rejetées dans l'air était proportionnellement de 1 pour les usines contre 3 pour les cheminées domestiques.

Les fourneaux de cuisine présentent, dans presque tous les pays, le défaut capital d'avoir des foyers d'une capacité insuffisante pour brûler de la houille.

D'autre part, si l'on observe le processus généralement en honneur chez nos cordons bleus, pour allumer leurs fourneaux, on voit que, dès le début de l'opération, aussitôt que flambe le petit bois, elles versent dessus des pelletées de charbon de terre, s'en prenant au tirage de la cheminée si « cela fume ».

Puis, lorsque le feu commence à prendre, on recharge plus abondamment contre le foyer et on accélère la combustion par la distribution de quelques coups de tisonnier.

On conçoit que, dans ces conditions, il y ait tout d'abord entraînement de poussières de charbon, puis, comme la température est trop basse, distillation progressive de la houille et déversement dans l'atmosphère de fumées jaune-noir chargées de goudrons et de benzols non brûlés.

Comme on le voit, la production de ces fumées n'est pas due, ainsi qu'on le croit quelquefois, à l'insuffisance de la quantité d'air mis en œuvre (ce serait plutôt le contraire). Elle vient surtout de ce que la dimension des foyers ne permet pas, en général, d'obtenir une couche assez grande de charbon incandescent. Défaut dont les inconvénients s'aggravent en-

core du fait qu'en les chargeant trop abondamment, on étouffe en quelque sorte le feu.

Dans les foyers domestiques, on ne peut atteindre la température nécessaire à assurer la combustion complète du charbon de terre.

La question, en ce qui concerne les chemins de fer et les gares dans les grandes villes, est tout aussi délicate. A Paris, certaines compagnies, comme le Nord, l'Ouest-Etat et le P.-L.-M. , ont établi des rotondes, les unes à côté des autres, qui logent un grand nombre de locomotives. La mise en pression de ces locomotives produit des fumées et des poussières qui rendent inhabitables les logements qui sont dans le voisinage.

Tels sont, en résumé, le mécanisme de production des fumées et des poussières, et les principales sources qui polluent l'atmosphère des grandes villes, tant en France qu'à l'étranger.

Il résulte de ce qui précède que l'on peut, dans l'industrie, se servir de charbon de terre sans déverser obligatoirement des flots d fumées noires dans l'air.

Il faut au moins deux conditions pour obtenir ce résultat : un chauffeur capable, une chaudière appropriée. Il semble que, jusqu'ici, exception faite pour ceux des chemins de fer, on n'ait pas tenu compte pour le choix d'un chauffeur, de ses connaissances professionnelles. Comme chauffeurs, on recherche en général des hommes solides, à biceps proéminents.

C'est une erreur. N'importe qui ne peut pas être un bon chauffeur. Si les chauffeurs étaient plus instruits de leur métier et connaissent mieux les conditions

d'une bonne combustion pratique, correspondant au meilleur rendement thermique, il est probable que, non seulement les industriels y réaliseraient une grande économie de combustible, mais que la production des fumées épaisses serait tout à fait exceptionnelle.

Il est probablement très difficile de trouver de pareils ouvriers bien spécialisés, car nous voyons se développer de plus en plus les appareils à chargement automatique, à foyer mobile, et, enfin, l'emploi de combustibles pulvérisés.

Nous n'avons pas à décrire ici le fonctionnement des appareils à chargement automatique. Nous dirons seulement que leur principe s'accorde avec les desiderata que nous avons formulés, et que, si ces appareils sont convenablement réglés, il n'y aura pas de dégagement de fumées noires, car la combustion sera conforme à la méthode de Watt.

Deux mots de l'emploi des combustibles pulvérisés. La recherche de combustibles à prix relativement bas, en raison de la proportion importante d'impuretés qu'ils contiennent (quelquefois de 20 à 30 pour cent de cendres) incite les grandes chaufferies, telles que celles des centrales électriques, à employer le charbon pulvérisé.

Mais, si ce procédé présente de nombreux avantages économiques, il offre, par contre, un très gros inconvénient au point de vue de la salubrité.

La combustion du charbon pulvérisé est complète. Les cheminées ne rejettent donc presque pas de fu-

mée, mais, en revanche, elles déversent des torrents de cendres à des distances plus ou moins grandes, suivant la force du vent, car ces cendres porphyrisées sont entraînées par les gaz chauds dans l'atmosphère.

Il y a des cheminées qui distribuent ainsi plus de 1500 kilos de cendres à l'heure.

Il en résulte que la pluie de cendres déversée tout autour peut atteindre, dans certains cas, des proportions invraisemblables de l'ordre de 1 kilogr. 500 par mètre carré et par mois, comme l'a constaté le Professeur Bordas pour une usine de la banlieue de Paris (1).

Métivier a montré que la consommation de la houille pour les usages domestiques atteignait, avant la guerre, un total de 12 millions de tonnes, soit 18,5 % de la totalité consommée en France.

D'autre part, Armand Gautier, dans son étude sur les fumées de Paris, estimait à 3 millions de tonnes la quantité de combustible consommée par la capitale.

Ces chiffres sont évidemment trop faibles à l'heure actuelle, mais nous savons que la consommation domestique ne s'est pas accrue dans des proportions aussi importantes que la consommation industrielle.

Quoiqu'il en soit, en prenant les chiffres donnés par Armand Gautier en 1901, notre démonstration n'en sera que plus typique.

(1) Dr Bordas, fumées et poussières, *Annales d'hygiène publique, industrielle et sociale*, décembre 1926. C'est à ce remarquable article que nous avons largement emprunté la plupart des données de ce travail.

M. Bordas a montré qu'à Paris seulement, nous perdons dans l'atmosphère :

13.000 tonnes de benzol ;

27.000 tonnes d'huiles lourdes ;

44.000 tonnes de brai et que, pour toute la France, ces pertes s'élèvent à :

55.000 tonnes de benzol ;

110.000 tonnes d'huiles lourdes ;

176.000 tonnes de brai.

Le gaspillage de charbon dans les foyers domestiques est également énorme, les meilleures grilles ne donnant qu'environ 25 pour cent de la chaleur produite, 75 pour cent s'échappant par la cheminée. Ce gaspillage a été estimé par la Coal Smoke abatement Society et s'élève pour l'Angleterre à 25 millions de francs par an (1).

Pour avoir une idée de l'importance des fumées en Angleterre, il faut savoir que les spécialistes estiment à 2 millions et demi de tonnes la quantité de combustible perdue sous forme de suie par les cheminées des maisons particulières et à cinq cent mille tonnes la quantité de suie éliminée dans l'atmosphère par les cheminées industrielles (2), et ils insistent dans leur rapport sur les dommages causés par cette fumée à la santé des habitants, à l'agriculture, et aussi aux anciens monuments des villes.

(1) J. C. Dawes, Air pollution by coal smoke (*Journal of the Royal Sanitary Institute*, 1915, vol. XXXVI, page 317).

(2) *The British Medical Journal*, 1926.

Nous pouvons ajouter à ces chiffres quelques-uns de ceux donnés dans le rapport de John Kershaw (2) :

*Chute de poussière et de suie en tonnes métriques
par 100 km²*

Londres	13.865	11.736
Glasgow	9.950	9.930
Newcastle	21.343	16.796
Liverpool	21.912	24.981
Rochdale	20.419	29.692
Rothamsted	7.213	3.483
Southport	7.308	5.637

Cet auteur fait remarquer, en particulier, que les chiffres de Newcastle, Rothamsted et Southport, démontrent ce qu'on pourra arriver à obtenir dans les autres villes, quand chaque citoyen se sera rendu compte de l'importance qu'il y a à ne pas souiller l'atmosphère.

Il importe, en effet, de remarquer, et les constatations du rapport que nous étudions sont formelles à ce sujet, qu'un très fort pourcentage de la pollution de l'atmosphère provient des cheminées des maisons d'habitation. Ce fait s'explique par la rareté des orga-

(2) John Kershaw. The Engineer, 14 novembre 1924.

nisations de chauffage central et l'usage général en Angleterre, de se chauffer en brûlant du charbon gras (faisant beaucoup de fumée) dans des grilles primitives (1).

(1) P. de Boissezon. Quelques considérations sur le problème des fumées dans les agglomérations industrielles (*Annales d'hygiène publique, industrielle et sociale*, janvier 1927).

CONTROLE DE LA PURETÉ DE L'AIR

Il existe un très grand nombre de procédés pour déterminer quantitativement et qualitativement la nature des poussières qui flottent dans l'atmosphère.

John Aitken a imaginé en 1888 un appareil destiné à démontrer les particules solides en suspension dans l'atmosphère et basé sur la condensation de la vapeur d'eau par détente. Nous ne pouvons songer à décrire, même succinctement, cet appareil qui n'était d'ailleurs pas d'application facile hors du laboratoire.

Aitken imagina d'autres dispositifs plus simples et plus portatifs qui lui permirent d'étudier l'atmosphère des villes de Glasgow, Edimbourg, ainsi que l'air de la campagne avoisinante, des régions montagneuses d'Ecosse, etc...

Voici les chiffres extrêmes trouvés par Aitken. Le nombre de particules observées dans l'air de la campagne, par beau temps, était de 500 par centimètre cube, et de 3.500.000 dans l'air des rues de Glasgow en hiver.

La méthode d'Aitken ne possède pas la précision que l'on pourrait supposer à priori. Néanmoins, ces appareils, malgré les erreurs possibles dans certains

cas particuliers, ont permis de faire des observations intéressantes sur la composition des nuées fumeuses, qui couvrent certains grands centres industriels, et de préciser la nature de certaines poussières, tel que le chlorure de sodium recueilli à des distances plus ou moins grandes de la mer, etc...

Nous sommes encore redevables à Aitken de ce que l'on sait sur la formation de ces brouillards jaune-noir denses, si connus des Londoniens qui les ont baptisés du nom bien caractéristique de « Pea-soup fog ». Il se formerait là une floculation de certaines poussières de charbon et de suie, sous des influences encore mal définies, dans une atmosphère contenant de l'acide sulfureux en présence de traces d'ammoniaque, conditions qui se réalisent dans la combustion de certains charbons de terre riches en soufre et en principes volatils.

Ces sortes de brouillards sont, de l'avis des hygiénistes anglais, plus insalubres et plus à redouter que ceux déterminés par les simples fumées noires.

Le journal *The Lancet* a, de nouveau, il y a quelques années, soulevé la question et réuni une commission de savants pour leur demander d'indiquer un procédé pratique permettant de déterminer le degré de pureté de l'air de la ville de Londres.

Ce jury retint l'appareil d'Owen, qui est une modification très heureuse de l'appareil portatif d'Aitken, mais prit également en considération le principe de la jauge, qui est une application de la table employée

jadis par Tissandier pour recueillir les poussières cosmiques en suspension dans l'atmosphère.

Le principe de la jauge ayant été adopté, Owen en a standardisé tous les éléments, ainsi que la technique générale (1).

L'appareil consiste en un entonnoir en grès de 30 centimètres de diamètre, dont le bord supérieur est entouré d'un cône en fil de fer pour éviter que les oiseaux ne viennent souiller l'intérieur de l'entonnoir.

Les poussières et la pluie qui tombent sont recueillies dans un flacon en verre placé sous l'entonnoir.

Tous les mois, on change le flacon et on procède à l'analyse de l'eau ainsi recueillie.

Comme nous le disions plus haut, toutes les opérations ont été minutieusement décrites et standardisées pour que les résultats obtenus dans les différentes stations où sont placées les jauges soient comparables.

On est ainsi renseigné sur la quantité de poussières tombées sur une unité de surface, et l'analyse chimique donne la composition des matières insolubles ainsi que les produits solubles entraînés par l'eau de pluie.

C'est après avoir étudié et constaté ces résultats que le Professeur Bordas a décidé d'employer la méthode d'Owen, tout en lui apportant quelques modifications de détail, de façon à éviter les accidents dus aux intempéries.

Il a établi plusieurs postes d'observation dans Paris

(1) F. Bordas. Fumées et poussières (*Annales d'hygiène publique, industrielle et sociale*, décembre 1926).

et dans sa banlieue, plus particulièrement exposée à recevoir des fumées et des poussières de toute nature.

C'est ainsi qu'il a constaté qu'au mois de février 1926, il était tombé 12 gr. 87 de poussière par mètre carré sur la terrasse du Palais-Royal, à Paris, et que l'analyse des produits provenant de la combustion du charbon avait donné, en dehors des particules de charbon et des hydrocarbures, 2 gr. 43 d'acide sulfurique, 0 gr. 253 de chlore et 0 gr. 021 d'ammoniaque par mètre carré. Dans quelques communes suburbaines, comme Vitry, il a trouvé des chiffres plus élevés, soit 1 kgr. 592 de poussière, par mètre carré, pendant le mois de février (1).

Il a également constaté qu'en certains points de la banlieue parisienne, des usines rejetaient plus de 1.500 kilogr. de cendres à l'heure, lesquelles se déversaient sur toute la région, au gré des vents.

L'Institut d'Hydrologie et de Climatologie a entrepris d'étendre ces méthodes d'investigation à d'autres régions, aussi maltraitées que la banlieue parisienne. Nous voulons parler des magnifiques vallées des Alpes et des Pyrénées, où les usines d'électro-métallurgie, des fabriques de carbure de calcium, etc... répandent des fumées et des poussières telles que les belles stations thermales et climatiques, situées quelquefois à une assez grande distance, en subissent les désagréables effets.

Avec le compteur de poussières d'Owen et la jauge,

(1) Communication de MM. d'Arsonval et Bordas à l'Académie des Sciences (séance du 29 mars 1926).

nous possédons actuellement des moyens qui nous permettent de nous rendre compte avec assez d'exactitude du degré de souillure de l'atmosphère, non seulement pour les poussières figurées, mais aussi pour les fumées industrielles condensables, à caractères corrosifs et toxiques.

INFLUENCE DES FUMÉES ET DES POUSSIÈRES SUR LA SANTÉ PUBLIQUE

Il est assez curieux de constater que, s'il a été relativement assez facile de faire comprendre au grand public toute l'importance d'une alimentation saine, les difficultés se sont singulièrement accrues, lorsqu'il s'est agi de faire comprendre à ce même public les dangers qui pouvaient résulter, par exemple, de l'ingestion d'une eau de puits, dont la fraîcheur et la limpidité étaient pour lui synonymes indiscutables de pureté.

Peut-être que l'expérience de la vie de tous les jours lui avait fait saisir une relation de cause à effet entre l'ingestion d'une tranche de pâté plus ou moins douteux et les troubles gastro-intestinaux qui s'étaient fait sentir la nuit suivante.

Tandis que dans le cas de l'eau, il y a la période d'incubation plus ou moins longue qui ne permet guère à l'homme de la campagne de rattacher les troubles gastro-intestinaux au verre d'eau fraîche absorbée!

Mais alors, combien est plus difficile la compréhén-

de la souillure de l'air, de son insalubrité, et, dans certains cas, de sa toxicité.

Pour beaucoup de personnes, et non des moins scientifiquement évoluées, la fumée, non seulement n'est pas dangereuse, mais serait salubre. Ce serait même le moyen le plus efficace de combattre les grandes affections contagieuses.

Les propriétés « conservatrices » de la fumée sont connues de tous, surtout à la campagne. Vieille tradition qui prend son origine dans la nuit des temps préhistoriques. De là, par simple analogie, généralisation des propriétés antiseptiques des fumées des bois aux fumées de toutes origines, issues de nos usines. Il n'y avait là qu'un pas que l'ignorance a vite franchi.

Trotter a même soutenu que la tuberculose pulmonaire était rare chez les mineurs, parce qu'il avait constaté une sorte d'immunisation produite par la poussière de charbon. Il n'est donc pas étonnant que l'on ait été, à l'époque, jusqu'à ordonner des inhalations de fumée de charbon de terre pour combattre des phtisies pulmonaires plus ou moins graves.

N'insistons pas sur ces faits, et n'oublions pas que « nous absorbons par jour 6 fois plus d'air en poids que d'aliments solides et liquides réunis » (D^r F. Bordas), tâchons d'attirer l'attention du grand public sur le danger plus ou moins immédiat résultant de l'absorption des particules de charbon, de suie, si abondamment répandues dans l'atmosphère de nos grandes agglomérations.

Nous avons signalé dès le début de cette étude, le rôle important que jouent la situation géographique et le climat local dans la salubrité des agglomérations industrielles.

Il y a lieu de résumer, en quelques lignes, les modifications qui peuvent se produire dans le climat d'une région, par suite du déversement des fumées et des poussières dans l'atmosphère.

Il semble qu'on doive différencier les brouillards blancs des brouillards plus ou moins foncés, plus ou moins colorés par les fumées. Leur formation ne paraît pas toujours avoir la même origine. En tous cas, leurs effets physiques et biologiques ne sont pas comparables.

Les brouillard teintés, dont la couleur va du blanc sale au brun noir ne passant pas par le jaune-brun, ont une composition chimique et physique qui varie avec l'intensité du *colori*.

Certains de ces brouillards sont d'une opacité plus grande aux rayons solaires. Ils sont plus fréquents pendant les périodes de calme. « Ils tombent, pour ainsi dire, du ciel et s'accrochent au sol comme s'ils étaient retenus par les immeubles et la végétation. Ils ne glissent pas, en quelque sorte, sur le sol, entraînés par les faibles brises de surface, ils sont stagnants et prolongent longtemps leurs effets insalubres » (Dr Bordas).

Leurs effets directs sont bien connus : interception de la lumière solaire, diminution du pouvoir abiotique des radiations de courte longueur d'onde, et en-

fin action variable sur la température, suivant les heures.

Mais ils en ont d'autres indirects, non seulement sur le moral des habitants, mais aussi sur la santé générale.

Les travaux de Russell ont fait voir que les heures d'ensoleillement des grandes villes, comme Londres, par exemple, ne représentaient que les 7/10 de celles enregistrées à Kew, situé à quelques kilomètres de la capitale.

D'après Herbert-Kimball, l'action chimique, produite par les radiations de courte longueur d'onde, serait, dans les cités fumeuses, réduite dans la proportion de 25 % de ce qu'elle est, par temps clair, dans la campagne, toutes autres conditions demeurant les mêmes.

Mais les fumées et les poussières peuvent encore agir directement sur la santé.

La fumée est nuisible chimiquement, par ses vapeurs acides et délétères, surtout par l'anhydride sulfureux (provenant des houilles pyriteuses), des hydrocarbures, des phénols, etc... Tous ces produits ont une action irritante sur l'appareil respiratoire; ils vont déterminer d'abord des affections locales, puis ouvriront des voies d'accès à l'infection tuberculeuse.

Les fumées et les poussières sont enfin nuisibles biologiquement, en introduisant dans les bronches des particules de charbon et de suie et les microorganismes dont elles sont le véhicule (anthracose).

Cette question de l'anthracose vient d'être très dis-

cutée. Pour M. André Jousset (1), la substance noire que l'on constate souvent dans le poumon humain n'est qu'un pigment ferrugineux dérivé du sang.

MM. A. Policard et S. Doubrow (2) ont montré que la substance en question est bien du charbon.

En effet, malgré la présence d'obstacles naturels de toutes sortes (vibrisses, sinuosités, mucus agglutinant et bactéricide, mouvements des cils vibratiles de l'épithélium, etc...) les poussières finissent, à la longue, par envahir les petites bronches et le parenchyme pulmonaire, surtout par la voie lymphatique où elles sont véhiculées par les phagocytes jusque dans les points les plus reculés (Ruppert, Charcot, etc...)

Les travaux de Vasteenberg et Grysez, de Sonnerville, de Calmette, de Nocard et de Vallée, ont même prouvé que l'absorption des poussières se fait aussi par l'intestin grêle et le gros intestin et que les particules solides phagocytées viennent se fixer telles quelles dans le parenchyme pulmonaire.

En tous cas, les lésions produites constituent un lit pour la tuberculose en diminuant le champ de l'hématose, la résistance de l'individu et en ouvrant des voies de pénétration au bacille de Koch.

En résumé, si autrefois les cas d'anthracose étaient relativement rares, il n'en est plus de même actuellement où, sous l'influence des fumées dans les villes,

(1) A. Jousset. Les pigmentations pulmonaires et la fiction de l'anthracose (*La Presse Médicale*, 14 avril 1928).

(2) A. Policard et Doubrow, Etude histo-chimique de l'anthracose pulmonaire (*La Presse Médicale*, 10 juillet 1929).

le nombre des pneumokonioses (Zenker) a considérablement augmenté.

Les médecins de service anglais ont, à maintes reprises, signalé toutes les complications résultant de l'insalubrité de l'air des villes.

Le Dr Niven (1) a écrit à ce sujet que Manchester se fait toujours remarquer par son taux élevé de mortalité générale.

Dans cette statistique, les maladies des voies respiratoires sont plus fréquentes; mais le Dr Niven ajoute qu'à Manchester toutes les formes d'affections contagieuses sont aussi indûment plus nombreuses qu'ailleurs, puisque l'on y pratique avec soin, malgré l'isolement des malades, la désinfection. Il attribue ce fait à ce que les fenêtres des appartements sont presque toujours fermées et qu'il en résulte une situation des plus déplorables au point de vue hygiénique.

Le Dr Tatham protestait encore plus énergiquement contre les fumées de Manchester.

La vie d'un ouvrier habitant le centre de la ville est, d'après lui, réduite de 10 ans du fait de l'insalubrité de l'atmosphère.

Si maintenant nous examinons les aptitudes physiques des jeunes gens de Manchester qui désirent servir dans l'armée ou dans la marine, Horsfeld nous signale que, sur 11.000 qui désiraient s'engager, 9 % seulement furent reconnus aptes à servir dans l'ar-

(1) Cité par M. Bordas dans les « *Annales d'hygiène publique, industrielle et sociale*, décembre 1926 ».

mée, et qu'actuellement la marine ne peut en enrôler que 14 %.

Reed, qui a étudié plus particulièrement les effets irritants des poussières de charbon, considère que la petite toux et la légère expectoration noirâtre qui s'ensuit, sont le stigmate de l'habitant d'une ville fumeuse, et que cette petite irritation des parties supérieures de l'arbre bronchique prépare des avenues pour la pénétration de l'infection tuberculeuse.

Suivant les statistiques établies par Wainwright, la mortalité, occasionnée par les maladies des voies respiratoires, était en 1874, pour la ville de Manchester, de 7,7 pour 1.000 décès, et de 23,2 en 1893.

Russell a établi une statistique, afin de montrer, pour Glasgow, la fréquence des décès par affection des voies respiratoires :

	Maladies contagieuses	Affections des bronches	Autres maladies
Districts ruraux	289	354	996
Ville de Glasgow	773	1024	1232
Parties moins habitées de Glasgow (36 hab. par acre	450	600	870
Parties très habitées (512 hab. par acre).....	1020	1860	1600

Une statistique analogue, établie pour la ville de Manchester, a donné à peu près les mêmes proportions.

Brown a constaté des faits du même genre dans la partie S.-E. du Lancashire, où les maladies des voies respiratoires sont beaucoup plus fréquentes que dans le S. et le W.

Des observations semblables ont été faites par Ascher de Konisberg. Les maladies aiguës des voies respiratoires ont augmenté depuis 1875.

Il a également montré que la mortalité des voies respiratoires est plus élevée (50 %) dans les villes que dans les campagnes, et qu'elle atteint un taux exceptionnel, non pas dans les villes à tissage, mais dans celles où l'on brûle du charbon.

Enfin, Ascher a comparé les statistiques de deux villes à peu près de la même importance, et situées à proximité d'un district industriel de Westphalie : Hamm, située à l'Est, ne reçoit des fumées que dans la direction de l'Ouest, tandis que Gelsenkirchen, situé au centre du bassin houiller, a son atmosphère complètement enfumée. Les maladies aiguës des voies respiratoires sont beaucoup plus fréquentes dans la deuxième ville que dans la première.

Le taux de la mortalité infantile par suite des maladies des voies respiratoires est également plus élevé dans les villes où il y a beaucoup de fumées.

« A Leeds, après 6 jours d'épais brouillards, la mortalité infantile s'est élevée de 50 à 175 » (1).

Enfin, les fumées, par les gaz acides et les poussières qu'elles véhiculent, jouent un rôle fort important dans l'effritement des édifices et des constructions métalliques. Il en résulte par exemple que certains vieux monuments de Paris, qui sont comme passés au cirage, ont leurs matériaux désintégrés par la suie acide

(1) La fumée et la protection de l'enfance (*Bulletin international de la protection de l'enfance*, Bruxelles, 31 octobre 1923).

dont l'action aggrave singulièrement l'outrage du temps.

Les poussières ont, d'autre part, une action très nocive sur la végétation.

Voici les constatations que fit, il y a peu de temps, une commission chargée d'étudier les inconvénients pour le voisinage d'une fabrique de ciment artificiel (méthode par voie sèche) des Bouches-du-Rhône qui rejetait de 40 à 45 tonnes de poussières par 24 heures, à plusieurs centaines de mètres autour de l'usine :

« Les toitures et les façades des maisons, les terres et les végétaux sont, dans un rayon visuel de mille mètres, recouverts d'une poussière de ciment que la rosée et la pluie transforment en mortier. Les fourrages sont inutilisables en raison de la quantité formidable de poussières qu'ils emmagasinent. Le vin récolté dans les vignes distantes de 4 à 500 mètres de l'usine est d'une âcreté telle qu'il devient impropre à la consommation, et il en est de même pour les eaux-de-vie. Les blés n'ont pu grainer leurs épis. Les arbres fruitiers et d'agrément se dessèchent... Les gaz et les inconvénients qui en résultent sont ressentis jusqu'à trois kilomètres » (1).

(1) La vie marseillaise, n° du 17 novembre 1928.

MOYENS DE LUTTE CONTRE LES FUMÉES, LES POUSSIÈRES ET LES GAZ

Il ne suffit pas de connaître les causes et les sources de pollution de l'atmosphère, il faut encore chercher par quels moyens remédier au mal.

L'Angleterre a été la première à se préoccuper sérieusement de la question de la lutte contre les fumées. C'est ainsi que se sont formées les ligues pour le Smoke abatement, le Pure Milk, etc.. A Paris a été créée à la Préfecture de police en 1928, une commission spéciale des fumées. En outre, l'office national des Inventions a établi un prix de 10.000 francs, à décerner à l'inventeur d'un fumivore efficace.

Les résultats obtenus en Angleterre où les poussières de charbon sont beaucoup plus abondantes qu'ailleurs, malgré les imperfections de la loi sur le Smoke abatement, démontrent que la lutte peut être largement efficace. Les inspecteurs des usines anglaises ont constaté une amélioration très sensible en très peu de temps.

L'air de la ville de Londres est moins souillé depuis la campagne entreprise par le journal The Lancet

contre la pollution atmosphérique par les fumées et les poussières. La quantité de particules solides rejetées dans l'atmosphère était de 450 tonnes par mille carré pendant la période 1915-1918; elle n'a été que de 284 tonnes en 1921-1922 (1). Mais, d'après les travaux récents d'Owen, ces chiffres sont moins élevés et la situation s'améliore sensiblement chaque année (2).

Des députations des Local Boards de Bolton, Rochdale, Blackburn, Bury, Oldham, etc... ont inspecté de nombreuses usines qui travaillaient très activement sans rejeter de fumées dans l'atmosphère.

Fletcher a fait une enquête sur les usines qui ne produisaient pas de fumées, et il a constaté que cela tenait tout simplement aux soins que les dirigeants des usines apportaient à la surveillance de la chaufferie. Ils en ont d'ailleurs été récompensés par une vaporisation plus régulière et une économie très notable de combustible.

Une commission anglaise s'est rendue en Allemagne en 1921 pour y étudier la façon dont avait été abordé le problème des fumées. Nous extrayons de son rapport les observations suivantes.

Il n'existait pas en 1921 de loi nationale en Allemagne contre l'émission excessive de fumées par les cheminées d'usine; mais la pollution atmosphérique dans les centres industriels allemands était beaucoup moins importante que dans les centres industriels anglais.

(1) F. Bordas. *Annales d'hygiène publique, industrielle et sociale*, octobre 1928.

(2) Report. *Observations atmosphérique pollution 1926*.

Diverses raisons sont à la base de cet état de choses. D'abord, au point de vue industriel, on constate que toute personne, désirant installer une machine à vapeur ou un appareil de chauffage industriel, est obligée de soumettre son projet aux autorités de police qui le font examiner par un expert et demandent, s'il y a lieu, les modifications nécessaires. D'autre part, toute installation nouvelle d'établissement industriel est précédée d'une enquête de *commodo et incommodo*. Grâce à ces organisations, la pollution atmosphérique par les usines est réduite au minimum, grâce aussi, il faut le dire, à la pénurie de charbon qui a sévi dans l'après guerre en Allemagne, et qui a obligé les industriels à la plus stricte économie.

Cette question d'hygiène urbaine est un peu plus laissée en France à l'arrière plan, parce que la question des fumées n'a pas encore dans notre pays, plus agricole qu'industriel, la même importance qu'en Allemagne ou qu'en Angleterre.

La situation évidemment moins grave, au point de vue hygiénique, que celle des Anglais, n'en mérite pas moins d'attirer l'attention des pouvoirs publics. Nous avons vu que l'on pouvait, par l'application de procédés de chauffe appropriés, réduire dans de notables proportions les noirs panaches qui s'échappent de nos cheminées d'usines.

Il suffirait peut-être d'avertir à nouveau les industriels de cette cause d'insalubrité qu'ils créent et qu'ils doivent faire disparaître.

Qu'ils s'organisent pour employer le combustible

désiré, en pratiquant les coupages les mieux appropriés pour diminuer l'excès de matières volatiles de leurs charbons. Peut-être pourrait-on leur suggérer d'embaucher de préférence des chauffeurs qui connaissent leur métier. Comme on dit : tout le monde y trouverait son compte; les industriels qui feraient des économies, les citadins qui pourraient vivre leurs fenêtres ouvertes.

Les résultats obtenus en Angleterre le démontrent amplement.

Mais, le problème de la salubrité de l'air des grandes villes ne réside pas uniquement dans la disparition des fumées. Nous avons observé des cheminées qui ne fument presque pas, mais qui, par contre, déversent des tonnes de poussières par jour. Or, les cheminées qui ne fument pas ne nous donneront entière satisfaction que si elles ne se transforment pas en véritables volcans étouffant tout le voisinage sous un manteau de poussières calcinées. Mais là encore, on peut résoudre la difficulté et limiter la nuisance.

Quels sont les moyens de collectionnement auxquels on peut recourir afin de résoudre ce problème? Les moyens propres à retenir les poussières industrielles sont nombreux, et nous n'avons pas la prétention de les connaître tous. Nous décrirons surtout les principes, ayant fait leurs preuves, qui sont de nature à donner toute satisfaction aux intéressés tant au point de vue de l'entretien que du bon fonctionnement.

Lorsque les poussières sont entraînées par un

courant d'air de ventilation, si nous provoquons une détente de cet air dans une chambre appropriée, nous ralentissons la vitesse des molécules de poussières transportées, au point que l'air pourra en être déchargé, tout au moins partiellement, c'est la méthode appelée collectionnement par détente de l'air. Nous n'insisterons pas davantage sur son principe qui se comprend aisément : il laisse à la pesanteur le temps d'agir d'une façon utile, la précipitation peut ainsi s'opérer. Par les changements brusques de direction des veines d'air, on arrive également à faciliter le dépôt des poussières.

Un autre dispositif, généralement complémentaire de ces deux moyens de précipitation, est aussi employé ; il utilise l'affinité moléculaire des poussières, les poussières entraînées par le courant d'air de ventilation arrivent en contact avec des parois rugueuses ou en tissu pelucheux d'une chambre spéciale ; elles s'y fixent, et d'autres poussières également entraînées par la ventilation sont retenus jusqu'à formation d'une couche d'une certaine épaisseur.

Un appareil, très souvent employé pour le collectionnement des sciures, poussières, copeaux, ripes, déterminés par le fonctionnement des machines qui travaillent le bois, est le « cyclone séparateur » dont l'invention est due à Ransome et qui a pour effet de centrifuger en quelque sorte le courant d'air de ventilation entraînant ces résidus.

Un appareil d'invention récente, qui, dans certaines installations, est appelé à rendre de grands services,

est celui que construit la maison « Prat-Daniel » et qui a été dénommé le « turbo-capteur ».

Tous ces appareils collecteurs de poussières, utilisant la force centrifuge, ainsi que d'autres, utilisant la filtration de l'air de ventilation, ne se montrent pas d'une efficacité suffisante dans tous les cas pour être adopté définitivement.

Le procédé le plus intéressant, celui sur lequel il est permis de fonder de sérieux espoirs, est basé sur la précipitation électrique des poussières.

Les premières expériences en vue d'obtenir la précipitation des poussières en les faisant circuler au travers d'un champ électrique ne furent que des expériences de laboratoire. En 1885, après avoir pris des brevets anglais et allemands, Sir Lode et Alfred Walker firent un essai industriel sur des fumées plombifères provenant de fours à griller la galène. Le débit de ces machines électro-statiques se montra insuffisant et l'expérience ne fut pas concluante.

Il faut arriver aux travaux de l'ingénieur américain, le Dr Cottrell, en 1895, sur le captage du brouillard d'acide sulfurique dans les ateliers de concentration, pour trouver un procédé industriellement applicable.

Tous les appareils destinés à la précipitation des poussières par l'électricité statique sont constitués au moyen de deux électrodes parallèles chargées à des potentiels différents et créant entre eux un champ électrique.

Le courant gazeux à traiter passe entre les élec-

trodes, perpendiculairement au champ. Sous l'influence de ce dernier, les particules en suspension se dirigent d'une électrode vers l'autre et viennent se coller sur les parois.

La plupart des appareils de précipitation électrique qu'installe la société de purification industrielle de gaz, à Paris, se présentent comme il suit : l'une des électrodes est constituée par un tube cylindrique, l'autre par un fil tendu suivant l'axe de ce tube.

Le courant gazeux entre par une des extrémités de la canalisation constituée par le cylindre métallique; les poussières, chargées par ionisation du fil d'une quantité d'électricité de même signe, sont soumises à l'action du champ radial qui existe entre le fil et le cylindre et sont précipitées sur ce dernier où elles adhèrent. Le courant gazeux sort du cylindre partiellement ou totalement débarrassé de poussières.

Mais, en général, on doit avoir recours à une série de tubes disposés verticalement. Leur nombre peut atteindre plusieurs centaines pour les installations à gros débit de gaz, leur hauteur 4 à 5 mètres, avec un diamètre de 20 à 40 centimètres.

Dans certains cas particuliers où l'on ne peut utiliser les cylindres, l'appareil de captation est constitué, par une chambre rectangulaire portant alternativement des séries de plaques et de fils isolés parallèles. Les gaz traversent l'ensemble perpendiculairement aux fils tendus et parallèlement aux plaques.

L'appareil doit nécessairement être alimenté par un courant de haute tension, créant un champ tou-

jours du même sens. Le pôle positif est connecté à la terre, tandis que le pôle négatif est relié au système de fils isolés. La différence de potentiel est de 50.000 volts; elle peut atteindre dans certaines installations, 100.000 volts. Le débit est relativement faible, environ un dixième d'ampère pour une installation de moyenne importance.

On peut dire que les applications les plus variées ont été faites de la précipitation électrique des poussières. Donnons quelques exemples :

La concentration des moyens de production de l'énergie électrique oblige à recourir à des foyers de générateurs grands consommateurs de charbon. Or, il arrive très souvent que le charbon ainsi brûlé est très chargé de cendres, dont une grande partie est rejetée par la cheminée des chaudières.

Aux alentours d'une usine d'électricité de la banlieue de Paris, la chute des poussières sur le sol atteignait plus de 1 kg. 500 par mètre carré en un mois (1), et un petit marché siégeant à peu de distance de là, avait disparu à peu près complètement, les commerçants se trouvant dans l'impossibilité d'y venir étaler des marchandises que la poussière de charbon détériorait. L'application du système Cottrell a supprimé la pluie de cendres, et en même temps que disparaissait ce fléau, le pays voyait renaître son marché.

Dans les industries chimiques, la condensation élec-

(1) Communication de MM. d'Arsonval et Bordas à l'Académie des Sciences (séance du 29 mars 1926).

trique des vapeurs acides permet la suppression des acides sulfurique, azotique, chlorhydrique, si nuisibles pour le règne végétal et animal.

A la poudrerie d'Angoulême, l'établissement du procédé Cottrell a déterminé les modifications suivantes : les gaz rejetés par les appareils Gaillard et Kessler (250 mètres cubes par minute) contenaient de 4 à 10 grammes d'acide par mètre cube, maintenant 1 gramme. On a calculé qu'on pouvait recueillir une tonne d'acide chlorhydrique en un jour (1), cette récupération couvrant les frais de fonctionnement et d'amortissement de l'appareil.

L'épuration électrique est tout indiquée dans les industries métallurgiques. Elle permet de récupérer des poussières métalliques qui allaient se perdre avec les fumées en même temps qu'elle délivre l'atmosphère des dangereuses vapeurs arsénicales provenant du grillage des pyrites.

Dans les industries du ciment artificiel, l'application du système Cottrell a eu un résultat doublement heureux : suppression de la poussière blanche qui recouvre le pays avoisinant et récupération de la potasse résultant de la volatilisation des feldspaths.

Contentons-nous d'indiquer qu'il y a quelques années, une très importante fabrique de ciments, la Riverside Portland Cement Co, située au centre d'importantes plantations d'orangers du sud de la Californie, fut mise en demeure, par les autorités, de sup-

(1) Houllevigue. L'électricité victorieuse de la poussière. La Science et la Vie, juin 1928.

primer l'émission des poussières qui causaient d'énormes dommages à la culture, ou d'arrêter son exploitation. L'installation, utilisant le procédé de Cottrell, fut définitivement mise en route en janvier 1923. Elle s'appliquait d'abord à dix fours tournants, puis ensuite à douze.

La production journalière des 10 fours tournants était de 850 tonnes. Le volume des gaz traités était de 280 mètres cubes par seconde. Le poids de la poussière récoltée a été d'abord de 40.500 kilogrammes par jour.

On peut dire que la proportion des poussières rejetées au dehors par les usines de ciment artificiel, aux Etats-Unis d'Amérique, variait de 3 à 4 % de la quantité des produits fabriqués avant l'installation des moyens de captation (1).

Nous résumant, nous avons voulu montrer, dans cette courte étude, combien il est possible, grâce aux progrès de la technique moderne auxquels tout industriel doit toujours recourir, de supprimer ou tout au moins d'atténuer dans une très large mesure, les sérieux inconvénients de toute nature que présentent pour le voisinage les dégagements de poussières industrielles. A l'heure actuelle, il n'est plus possible au chef d'entreprise de considérer un dégagement de poussières dans l'atmosphère comme un risque obligé : il doit retenir tous les résidus de son industrie

(1) M. Bellon, *Annales d'hygiène publique, industrielle et sociale*, juin 1929.

et ne pas perdre de vue que, très souvent, en se plaçant uniquement au point de vue de ses intérêts économiques bien compris, il doit arriver à ne pas gêner le voisinage. Toutes les poussières, de quelque nature qu'elles soient, sont tout au moins incommodantes, le plus souvent nuisibles. Parfois, les poussières rejetées dans l'atmosphère ont une réelle valeur marchande. Les résultats obtenus démontrent surabondamment combien il est possible de concilier à la fois l'hygiène et la production.

Cependant, nous devons ajouter que ce problème d'hygiène urbaine ne serait pas résolu, même si les cheminées d'usines ne déversaient ni fumées, ni poussières.

Il resterait encore les nombreuses cheminées domestiques, celles qui constituent la masse la plus importante des fumées urbaines, et nous sommes obligé de reconnaître, hélas, qu'il n'y a pas de remède décisif qu'on puisse à l'heure actuelle préconiser.

Le renouvellement des immeubles anciens, la modernisation des techniques de la construction, peuvent seuls modifier les conditions de l'existence familiale.

L'œuvre à poursuivre, en attendant, consiste à faire l'éducation du public. Il convient de lui expliquer, par tracts, affiches, articles de journaux, recommandations des bureaux d'hygiène, que la substitution progressive aux combustibles gras de combustibles non fumeux, que l'adoption généralisée du gaz ou de l'électricité pour la cuisine et le chauffage, sont les

véritables moyens d'obtenir des résultats importants.

Dans ce domaine, qui échappe à la réglementation, le progrès dépend des conditions d'habitation et des mœurs. C'est dire qu'il ne saurait être rapide.

En tout cas, en terminant cette étude, nous le souhaitons ardemment, car, outre les avantages économiques considérables qu'il présenterait : meilleure utilisation des calories et récupération des produits volatils, nous y trouverions des avantages hygiéniques non moins considérables, qui se traduiraient par la disparition des fumées et des poussières, avec toutes les insalubrités directes et indirectes qui en sont la conséquence.

CONCLUSIONS

1. La pollution de l'atmosphère des grandes villes a posé pour l'hygiéniste, un problème très complexe. Plus une ville se développe, plus elle voit son atmosphère souillée par les fumées, les poussières et les gaz, qui proviennent des usines des foyers industriels, des foyers domestiques, des machines et des automobiles.

2. L'inhalation continue des poussières, de la suie, du charbon, des gaz, détermine des accidents locaux qui ouvrent des voies d'accès aux infections respiratoires.

3. Devant ce danger, il importe que les pouvoirs publics s'efforcent de conserver à l'air des villes sa pureté comme ils commencent à le faire.

4. Actuellement, la plupart des fumivores ne constituent pas encore des appareils parfaits.

5. En attendant, on doit recommander l'emploi de produits combustibles ne donnant pas de fumée ou en donnant peu, tels que le mazout, le charbon maigre, le coke, le gaz. Ils devraient être employés dans les foyers domestiques.

6. Pour les machines, il importe de former des chauffeurs qui aient une véritable éducation professionnelle et qui sachent charger les fours de façon à ce que les fumées soient brûlées pendant que la houille se cokeifie.

7. Dans les usines, les procédés électriques de précipitation des poussières doivent être recommandés, ils permettent une récupération qui paie largement les frais d'établissement et d'entretien.

Vu : *le Doyen,*
BALTHAZARD.

Vu : *le Président,*
L. TANON.

Vu et permis d'Imprimer,
le Recteur de l'Académie de Paris
S. CHARLÉTY

